

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS KINERJA EKSPERIMENTAL CAMPURAN  
BERASPAL AKIBAT PENGARUH BANJIR/GENANGAN AIR  
HUJAN**

**EXPERIMENTAL PERFORMANCE ANALYSIS OF ASPHALT  
MIXED DUE TO THE EFFECT OF FLOOD / RAINWATER  
PULL**

**MUHAMMAD SYAKUR ASYURAH  
D011 17 1538**



**PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
2021**

**LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)**

**ANALISIS KINERJA EKSPERIMENTAL CAMPURAN BERASPAL AKIBAT  
PENGARUH BANJIR/GENANGAN AIR HUJAN**

**Disusun dan diajukan oleh:**

**MUHAMMAD SYAKUR ASYURAH**

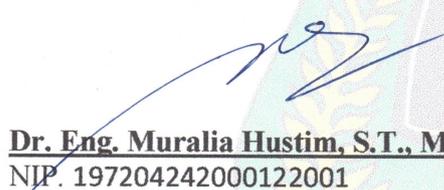
**D011 17 1538**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 21 Oktober 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

  
**Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T.**  
NIP. 197204242000122001

  
**Dr. Ir. Syafruddin Rauf, M.T.**  
NIP. 195804241987021001

Ketua Program Studi,



**Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST, M.Eng**  
Nip. 196805292002121002

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, nama Muhammad Syakur Asyurah, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “**Analisis Kinerja Eksperimental Campuran Beraspal Akibat Pengaruh Banjir/Genangan Air Hujan**”, adalah karya ilmiah penulis sendiri, dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan dimanapun.

Karya ilmiah ini sepenuhnya milik penulis dan semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Gowa, 30 September 2021

Yang membuat  
pernyataan,



Muhammad Syakur Asyurah

NIM: D011 17 1538

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini sebagai salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Tugas akhir ini disusun berdasarkan hasil penelitian di Laboratorium Struktur dan Bahan Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Tugas Akhir yang berjudul “**Analisis Kinerja Eksperimental Campuran Beraspal Akibat Pengaruh Banjir/Genangan Air Hujan**” ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan kepada seluruh pembaca pada umumnya dan kepada penulis khususnya.

Dalam penyusunan laporan ini, penulis telah menerima banyak bantuan, petunjuk dan bimbingan maupun saran dari berbagai pihak. Untuk itu, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga, atas: doa, nasihat, motivasi, dan segala dukungannya selama ini, baik secara moral maupun materiil.
2. Bapak **Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, M.T.**, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Bapak **Prof. Dr. H. Muh. Wihardi Tjaronge S.T., M.Eng.**, dan Bapak **Prof. Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T.**, selaku Ketua

dan Sekretaris Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

4. Ibu **Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T.**, selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak **Dr. Ir. Syafruddin Rauf, M.T.**, selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, motivasi, dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga selesainya penulisan tugas akhir ini.
5. Ibu **Ir. Hajriyanti Yatmar, S.T., M. Eng.** yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan.
6. Kepada Saudara Bacca yang Bersama sama dalam melakukan penelitian.
7. Seluruh Dosen yang telah membantu penulis selama mengikuti Pendidikan di Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
8. Seluruh Staf dan Karyawan di Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
9. Kepada teman-teman Asisten Laboratorium Rekayasa Transportasi sebagai partner yang telah banyak membantu selama proses penelitian berlangsung.
10. Teman-teman KKD Transportasi 2017 yang telah membantu dalam proses penelitian.
11. Teman-teman JUBEL 23 OF 17 dan PLASTIS 2018 yang telah banyak membantu dalam proses penelitian.

Penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata, semoga Tuhan Yang Maha Esa melimpahkan Rahmat-Nya kepada kita, dan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pihak-pihak yang berkepentingan.

Gowa, September 2021

**Penulis**

## ABSTRAK

Perkerasan jalan merupakan hal yang utama untuk menunjang transportasi secara aman, nyaman dan mudah sehingga dibutuhkan perkerasan jalan yang kuat dan awet dalam segala kondisi untuk dipergunakan. Lapis permukaan jalan yang berada dalam kondisi basah dalam waktu yang lama sangat berpengaruh pada umur pelayanan jalan. Kinerja aspal sebagai bahan pengikat akan terganggu oleh campur tangan air yang masuk ke dalam campuran.

Tujuan dari penelitian ini yaitu menganalisis karakteristik campuran aspal akibat variasi dan durasi rendaman Air Hujan dan Air Tawar dan menganalisis kinerja durabilitas dalam campuran aspal akibat variasi dan durasi rendaman Air Hujan dan Air Tawar.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini dengan melakukan secara bertahap, yaitu terdiri atas pengujian agregat (kasar, halus dan *filler*), dan pengujian terhadap campuran (Uji Marshall) rendaman menerus dengan variasi durasi 0.5 jam, 16 jam, 32 jam, 48 jam, 64 jam, 80 jam, dan 96 jam. Penelitian ini menggunakan sistem pencampuran aspal panas lapis tipis beton aspal (LTBA) berdasarkan Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Tahun 2018 Revisi 2, Departemen Pekerjaan Umum.

Perendaman dengan durasi 0.5 jam, 16 jam, 32 jam, 48 jam, 64 jam, 80 jam, dan 96 jam campuran LTBA B – Kasar dengan perendaman Air Hujan dan Air Tawar pada nilai stabilitas dan nilai *Marshall Quotient* mengalami penurunan, sedangkan nilai *flow* mengalami kenaikan. Nilai Indeks Durabilitas Pertama (IDP) dan Indeks Durabilitas Kedua (IDK) setelah dilakukan perendaman dengan Air Hujan dan Air Tawar mengalami penurunan atau kehilangan kekuatan untuk semua kondisi benda uji. Semakin lama terendam air hujan campuran LTBA B – Kasar, maka semakin menurunkan tingkat durabilitas campuran baik dilihat dari nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) maupun nilai Indeks Durabilitas.

**Kata kunci:** Lapis Tipis Beton Aspal (LTBA B – Kasar), Nilai Karakteristik *Marshall*, Indeks Durabilitas

## ABSTRACT

*Pavement is the main thing to support transportation in a safe, comfortable and easy way, so a strong and durable pavement is needed in all conditions for use. The surface layer of the road that is in a wet condition for a long time greatly affects road service. The performance of asphalt as a binder material will be disrupted by the interference of water entering the mixture.*

*The purpose of this study is to analyze the asphalt mixture due to variations and duration of Rainwater and Freshwater immersion and to analyze the performance of the duration in the asphalt mixture due to the variation and duration of Rainwater and Freshwater immersion.*

*The method used in this study was carried out in stages, which consisted of testing aggregates (coarse, fine and filler), and testing the mixture (Marshall test) continuous immersion with variations in duration of 0.5 hours, 16 hours, 32 hours, 48 hours, 64 hours, 80 hours, and 96 hours. This study uses a thin layer asphalt concrete hot mix system (LTBA) based on the 2018 General Specifications for Roads and Bridges Revision 2, Ministry of Public Works.*

*Immersion with a duration of 0.5 hours, 16 hours, 32 hours, 48 hours, 64 hours, 80 hours, and 96 hours a mixture of LTBA B - Coarse with rainwater and fresh water immersion on the value and value of the Marshall Quotient decreased, while the flow value experienced an increase in the First Durability Value (IDP) and the Second Durability Index (IDK) after immersion with rainwater and fresh water decreased or lost the strength index for all conditions of the test object. The longer it is submerged in rainwater mixed with LTBA B – Coarse, the lower the durability of the mixture, both in terms of the Residual Strength Index (IKS) value and the Durability Index value.*

**Keywords:** *thin layer asphalt concrete (LTBA B – Coarse), Marshall Characteristic Value, Durability Index*

## DAFTAR ISI

SAMPUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah .....	4
C. Tujuan Penelitian .....	5
D. Manfaat Penelitian .....	5
E. Batasan Masalah .....	5
F. Sistematika Penulisan .....	6
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA .....	8
A. Perkerasan Lentur ( <i>Flexible Pavement</i> ) .....	8
B. Lapis Tipis Beton Aspal (LTBA).....	11
C. Bahan Penyusun Lapis Tipis Beton Aspal (LTBA).....	15
D. Metode Pengujian Marshall .....	19
E. Dasar Perhitungan Hasil Pengujian Marshall .....	20

F. Variasi Air Perendaman .....	27
G. Durabilitas .....	29
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>33</b>
A. Lokasi dan Waktu Penelitian .....	33
B. Bagan Alir Penelitian.....	34
C. Jenis Penelitian dan Sumber Data .....	36
D. Prosedur Penelitian.....	38
E. Penyiapan Material Penyusun Campuran Lapis Tipis Beton Atas (LTBA – B Kasar) .....	37
F. Penentuan Karakteristik Agregat dan Aspal .....	37
G. Analisa Rancangan Campuran.....	40
H. Pembuatan Benda Uji Pada Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO).....	41
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>47</b>
A. Hasil dan Pemeriksaan Karakteristik Bahan Campuran .....	47
B. Rancangan Campuran .....	50
C. Pengujian Marshall untuk Benda Uji yang direndam Air Tawar dan Air Hujan .....	62
D. Indeks Durabilitas Campuran LTBA B – Kasar .....	76
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>85</b>
A. Kesimpulan .....	85
B. Saran .....	86
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>88</b>

LAMPIRAN .....90

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.</b> Susunan Lapis Perkerasan Jalan .....	8
<b>Gambar 2.</b> Lokasi Penelitian .....	33
<b>Gambar 3.</b> Bagan Alir Penelitian .....	36
<b>Gambar 4.</b> Diagram Alir Prosedur penelitian .....	36
<b>Gambar 5.</b> Gradasi agregat gabungan .....	52
<b>Gambar 6.</b> Grafik Hubungan antara kadar aspal dan VIM .....	58
<b>Gambar 7.</b> Grafik Hubungan antara kadar aspal dan VMA.....	59
<b>Gambar 8.</b> Grafik Hubungan antara kadar aspal dan VFA .....	59
<b>Gambar 9.</b> Grafik Hubungan antara kadar aspal dan Stabilitas .....	60
<b>Gambar 10.</b> Grafik Hubungan antara kadar aspal dan Flow.....	61
<b>Gambar 11.</b> Grafik Hubungan antara kadar aspal dan Marshall Quotient	61
<b>Gambar 12.</b> <i>Barchart</i> Penentuan Kadar Aspal Optimum .....	62
<b>Gambar 13.</b> Grafik Hubungan Nilai Stabilitas terhadap Variasi dan Durasi Perendaman .....	72
<b>Gambar 14.</b> Grafik Hubungan Nilai Flow terhadap Variasi dan Durasi Perendaman .....	73
<b>Gambar 15.</b> Grafik Hubungan Nilai Flow terhadap Variasi dan Durasi Perendaman .....	75
<b>Gambar 16.</b> Grafik hubungan antara IKS dengan durasi perendaman ....	78
<b>Gambar 17.</b> Skema kurva keawetan perendaman Air Hujan .....	83
<b>Gambar 18.</b> Skema kurva keawetan perendaman Air Tawar .....	84

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.</b> Ketentuan sifat campuran LTBA.....	12
<b>Tabel 2.</b> Gradasi agregat gabungan untuk Lapisan aspal beton. ....	13
<b>Tabel 3.</b> Ketentuan Agregat Kasar .....	17
<b>Tabel 4.</b> Ketentuan Agregat Halus.....	18
<b>Tabel 5.</b> Parameter pengujian <i>Marshall Test</i> .....	20
<b>Tabel 6.</b> Metode pengujian dan spesifikasi pengujian aspal (Bina Marga, 2018).....	38
<b>Tabel 7.</b> Metode pengujian dan spesifikasi pengujian agregat kasar (Bina Marga, 2018).....	39
<b>Tabel 8.</b> Metode pengujian dan spesifikasi pengujian agregat halus (Bina Marga, 2018).....	39
<b>Tabel 9.</b> Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat .....	47
<b>Tabel 10.</b> Hasil Pemeriksaan Analisan Saringan .....	48
<b>Tabel 11.</b> Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal .....	49
<b>Tabel 12.</b> Gradasi Agregat Gabungan .....	51
<b>Tabel 13.</b> Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat dan Penyerapan Agregat .....	53
<b>Tabel 14.</b> Berat jenis gabungan agregat.....	53
<b>Tabel 15.</b> Berat Aspal dan Agregat pada Campuran LTBA-B Kasar.....	55
<b>Tabel 16.</b> Berat Masing Masing Fraksi Agregat .....	56
<b>Tabel 17.</b> Hasil Pengujian Marshall untuk penentuan KAO.....	57

<b>Tabel 18.</b> Hasil Pengujian campuran LTBA B – Kasar terhadap karakteristik <i>Marshall</i> Perendaman Air Hujan dan Air Tawar Durasi 0.5 Jam ..63	
<b>Tabel 19.</b> Hasil Pengujian campuran LTBA B-Kasar terhadap karakteristik <i>Marshall</i> Perendaman Air Hujan dan Air Tawar Durasi 16 Jam ...64	
<b>Tabel 20.</b> Hasil Pengujian campuran LTBA B - Kasar terhadap karakteristik <i>Marshall</i> Perendaman Air Hujan dan Air Tawar Durasi 32 Jam ...65	
<b>Tabel 21.</b> Hasil Pengujian campuran LTBA B - Kasar terhadap karakteristik <i>Marshall</i> Perendaman Air Hujan dan Air Tawar Durasi 48 Jam ...66	
<b>Tabel 22.</b> Hasil Pengujian campuran LTBA B - Kasar terhadap karakteristik <i>Marshall</i> Perendaman Air Hujan dan Air Tawar Durasi 64 Jam ...67	
<b>Tabel 23.</b> Hasil Pengujian campuran LTBA B - Kasar terhadap karakteristik <i>Marshall</i> Perendaman Air Hujan dan Air Tawar Durasi 80 Jam ...68	
<b>Tabel 24.</b> Hasil Pengujian campuran LTBA B - Kasar terhadap karakteristik <i>Marshall</i> Perendaman Air Hujan dan Air Tawar Durasi 96 Jam ...69	
<b>Tabel 25.</b> Perbandingan Nilai Karakteristik <i>Marshall</i> Rendaman Air Hujan dan Air Tawar.....71	
<b>Tabel 26.</b> Indeks Kekuatan Sisa Variasi Perendaman Air Hujan .....77	
<b>Tabel 27.</b> Indeks Durabilitas Pertama dengan perendaman air hujan.....80	
<b>Tabel 28.</b> Indeks Durabilitas Kedua dengan perendaman Air Hujan dan Air Tawar.....82	

## **BAB 1. PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Perkembangan dan pertumbuhan penduduk di Indonesia saat ini sangat pesat yang diiringi dengan peningkatan mobilitas penduduk. Oleh karena itu diperlukan peningkatan baik kualitas maupun kuantitas jalan yang memenuhi kebutuhan masyarakat. Jalan merupakan sarana transportasi darat untuk menghubungkan satu tempat ke tempat lain dalam rangka untuk pemenuhan kebutuhan ekonomi sehingga harus tetap dipertahankan dalam kondisi baik.

Perkerasan jalan merupakan hal yang utama untuk menunjang transportasi secara aman, nyaman dan mudah maka dibutuhkan perkerasan jalan yang kuat dan awet dalam segala kondisi untuk dipergunakan. Lapisan perkerasan jalan menggunakan aspal merupakan salah satu perkerasan yang banyak digunakan di Indonesia karena mudah didapat, efisien, dan lebih ekonomis.

Kerusakan jalan di Indonesia umumnya disebabkan oleh pembebanan yang terjadi berlebihan (*overload*) atau disebabkan oleh *Physical Damage Factor (P.D.F.)* berlebih, banyaknya arus kendaraan yang lewat (*repetisi beban*) sebagai akibat pertumbuhan jumlah kendaraan yang cepat terutama kendaraan komersial dan perubahan lingkungan atau oleh karena fungsi drainase yang kurang baik. Adapun dampak pada konstruksi jalan yaitu perubahan bentuk lapisan permukaan jalan berupa lubang

(*potholes*), bergelombang (*rutting*), retak-retak dan pelepasan butiran (*ravelling*) serta gerusan tepi yang menyebabkan pelayanan kinerja jalan menjadi menurun.

Menurut, Badan Nasional Penanggulangan Bencana (2016) beberapa ancaman bencana terjadi di Indonesia, salah satunya bencana banjir dan salah satu wilayah yang menjadi kawasan rawan bencana banjir, yaitu Kota Makassar. Berdasarkan BMKG Kota Makassar kriteria curah hujan Kota Makassar dikategorikan sangat lebat. Secara topografi Kota Makassar dicirikan dengan keadaan dan kondisi sebagai berikut: tanah relatif datar, bergelombang, dan berbukit serta berada pada ketinggian 0-25 meter diatas permukaan laut (dpl) dengan tingkat kemiringan lereng (elevasi) 0- 15%. Sementara itu, dilihat dari klasifikasi kelerengannya, sebagian besar berada pada kemiringan 0-8%. Kondisi kawasan seperti ini terancam rawan banjir akibat luapan kanal dengan intensitas curah hujan rata-rata maksimum 200 mm/jam.

Durasi hujan yang cukup lama, sekalipun airnya dapat mengalir terus, dapat dipandang sebagai air genangan, karena terus menerus membasahi permukaan jalan. Lapis permukaan jalan berada dalam kondisi basah dalam waktu yang lama. Kondisi ini sangat berpengaruh pada umur pelayanan jalan. Kinerja aspal sebagai bahan pengikat akan terganggu oleh campur tangan air yang masuk ke dalam campuran. Gejala-gejala yang sering terjadi di lapangan adalah berupa pelepasan butir, terbentuk lubang-

lubang setempat-setempat, dan kemungkinan yang paling buruk adalah air dapat meresap ke lapisan di bawah.

Penelitian-penelitian mengenai pengaruh air hujan terhadap perkerasan jalan telah dilakukan para peneliti. **Ignatius (2014)**, meneliti tentang studi pengaruh genangan banjir jalan terhadap kinerja campuran perkerasan beraspal di kota makassar. Penelitian ini dimaksudkan untuk menganalisis pengaruh rendaman air hujan terhadap tingkat kekuatan dan keawetan campuran Laston (AC - WC) sehingga didapatkan nilai stabilitas mengalami penurunan kekuatan dan keawetan campuran laston seiring dengan penambahan durasi waktu perendaman terhadap sampel penelitian. **Alfred (2016)**, meneliti analisis pengaruh perendaman air hujan terhadap kinerja campuran aspal berongga berbasis asbuton butir. Dari pengujian bertujuan untuk mengetahui kinerja campuran terhadap Karakteristik Marshall test dengan menggunakan. Penambahan BGA (Buton Granular Asphalt) sebagai bahan pengikat bersama aspal minyak. Dari penelitian ini menyimpulkan bahwa secara keseluruhan memenuhi persyaratan dan menyatakan bahwa semakin lama direndam dengan air hujan maka IKS (Indeks Kekuatan Sisa) campuran aspal menjadi menurun atau semakin tidak baik. **Dedi (2016)**, meneliti analisa pengaruh air hujan terhadap kinerja campuran *asphalt concrete wearing course* (AC - WC). Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) yang terendam air hujan dan air tawar terhadap *Marshall test*. Dari pengujian tersebut, dilakukan perendaman dengan

durasi 30 menit dan durasi 24 jam kemudian didapatkan hasil bahwa masing-masing dari nilai: stabilitas, *flow*, *Marshall Quotient*, VIM, VMA, dan VFB menurun, sehingga peneliti menyimpulkan bahwa semakin lama terendam air hujan campuran Laston Lapis Aus AC-WC semakin cepat rusak.

Lapis tipis beton aspal (LTBA) suatu campuran yang baru yang ada dispesifikasi umum 2018 sudah digunakan diproyek – proyek dilingkup kementerian pekerjaan umum dan perumahan rakyat direktorat bina marga tahun 2018.

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah dikemukakan, dilakukan penelitian dengan judul:

**“Analisis Kinerja Eksperimental Campuran Beraspal Akibat Pengaruh Banjir/Genangan Air Hujan perendaman”.**

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat ditarik rumusan masalah penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik campuran aspal akibat variasi dan durasi rendaman Air Hujan dan Air Tawar?
2. Bagaimana kinerja durabilitas dalam campuran aspal akibat variasi dan durasi rendaman Air Hujan dan Air Tawar?

### **C. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Menganalisis karakteristik campuran aspal akibat variasi dan durasi rendaman Air Hujan dan Air Tawar.
2. Menganalisis kinerja durabilitas dalam campuran aspal akibat variasi dan durasi rendaman Air Hujan dan Air Tawar.

### **D. Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini secara umum diharapkan dapat memberikan informasi masukan sebagai berikut:

1. Memberikan informasi mengenai pengaruh campuran aspal yang diakibatkan oleh pengaruh rendaman Air Hujan dan Air Tawar.
2. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan pengetahuan pembaca dalam bidang Teknik Sipil yang diakibatkan oleh terendahnya permukaan jalan akibat genangan air.

### **E. Batasan Masalah**

Demi tercapainya penelitian diperlukan suatu batasan dalam penulisan agar pembahasan tidak meluas ruang lingkungannya sehingga tujuan dari penulisan dapat tercapai dan dipahami.

Adapun ruang lingkup penulisan yang dijadikan batasan dalam penulisan adalah:

1. Penelitian ini dilakukan pada skala laboratorium.

2. Lapis permukaan yang dijadikan objek penelitian adalah lapis tipis beton aspal (LTBA) - B Kasar.
3. Aspal pengikat yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70.
4. Standar pengujian agregat dan aspal berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI), AASHTO, dan ASTM.
5. Rendaman yang digunakan adalah air tawar dan air hujan.
6. Variasi lama perendaman yang dilakukan adalah 0.5 jam, 16 jam, 32 jam, 48 jam, 64 jam, 80 jam, dan 96 jam.
7. Spesifikasi yang digunakan dalam *design mix formula* (DMF) yaitu Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Tahun 2018 Revisi 2, Departemen Pekerjaan Umum.

#### **F. Sistematika Penulisan**

Agar lebih terarah penulisan tugas akhir, sistematika penulisan yang akan dilakukan sesuai tahapan-tahapan yang dipersyaratkan dapat diurutkan yaitu:

##### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Dalam bab ini, Pokok-Pokok bahasan dalam BAB ini adalah latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

##### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisi teori-teori penting yang memiliki keterkaitan dengan topik permasalahan dan dijadikan sebagai landasan atau acuan penelitian.

### **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

Dalam bab ini, dijelaskan metode yang digunakan dalam penelitian ini, langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini yang dituangkan dalam bentuk bagan alir penelitian, lokasi dan waktu penelitian, data penelitian berupa jenis dan sumber data serta analisis yang digunakan dalam mengolah data yang didapatkan dari lapangan maupun dari laboratorium.

### **BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dalam bab ini, disusun hasil-hasil pengujian diantaranya adalah ...

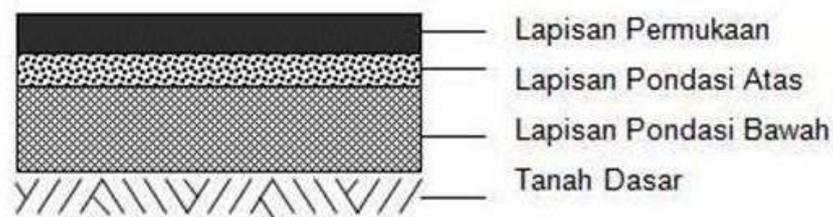
### **BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN**

Merupakan bab yang menyimpulkan hasil dari analisis penelitian dan memberikan saran-saran dan rekomendasi penelitian.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat perkerasan sehingga sifat perkerasan lebih lentur, memiliki deformasi yang lebih besar dan dapat bertahan sampai 20 tahun dengan mempertimbangkan pertumbuhan lalu lintas tiap tahun, bahkan umur perkerasan dapat lebih dari 20 tahun jika konstruksi perkerasan dikerjakan dengan baik dan penggunaan material yang sesuai standar spesifikasi dan spesifikasi design digunakan secara benar. Demikian pula dengan perbaikan/pemeliharaan secara periodik harus selalu dilakukan sebelum diperlukan rekonstruksi yang lebih besar.



**Gambar 1.** Susunan Lapis Perkerasan Jalan

1. Lapis permukaan (*Surface Coarse*)
2. Lapis Pondasi Atas (*Base Coarse*)
3. Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Coarse*)
4. Tanah Dasar (*Sub Grade*)

Fungsi masing-masing lapisan tersebut adalah:

1. Lapis Permukaan.

Lapis permukaan adalah bagian perkerasan yang paling atas. Fungsi lapis permukaan dapat meliputi:

- a. Struktural, dimana ikut mendukung dan menyebarkan beban kendaraan yang diterima oleh perkerasan, baik beban vertikal maupun beban horizontal (gaya geser).
- b. Non Struktural, dalam hal ini mencakup:
  - 1) Lapis kedap air, mencegah masuknya air ke dalam lapisan perkerasan yang ada di bawahnya.
  - 2) Menyediakan permukaan yang tetap rata, agar kendaraan dapat berjalan dan memperoleh kenyamanan yang cukup.
  - 3) Membentuk permukaan yang tidak licin, sehingga tersedia koefisien gerak (*skid resistance*) yang cukup untuk menjamin tersedianya keamanan lalu lintas.
  - 4) Sebagai lapisan aus, yaitu lapis yang dapat aus yang selanjutnya dapat diganti lagi dengan yang baru.

Lapis permukaan itu sendiri masih bisa dibagi lagi menjadi dua lapisan lagi, yaitu:

a. Lapis Aus (*Wearing Coarse*)

Lapis aus (*wearing coarse*) merupakan bagian dari lapis permukaan yang terletak di atas lapis antara (*Binder Coarse*). Fungsi dari lapis aus adalah (Nono, 2007):

- 1) Mengamankan perkerasan dari pengaruh air.
- 2) Menyediakan permukaan yang halus.

3) Menyediakan permukaan yang kesat.

b. Lapis Antara (*Binder Coarse*)

Lapis antara (*Binder Coarse*) merupakan bagian dari lapis permukaan yang terletak di antara lapis pondasi atas (*Base Coarse*) dengan lapis aus (*Wearing Coarse*). Fungsi dari lapis antara adalah (Nono, 2007):

- 1) Mengurangi tegangan.
- 2) Menahan beban paling tinggi akibat beban lalu lintas sehingga harus mempunyai kekuatan yang cukup.

2. Lapis Pondasi Atas (*Base Coarse*)

Lapis pondasi atas adalah bagian dari perkerasan yang terletak antara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah atau dengan tanah apabila tidak menggunakan lapis pondasi bawah. Fungsi lapis ini adalah:

- a. Lapis pendukung bagi lapis permukaan.
- b. Pemikul beban horizontal dan vertikal.
- c. Lapis perkerasan bagi pondasi bawah.

3. Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Coarse*)

Lapis Pondasi Bawah adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis pondasi dan tanah dasar. Fungsi lapis ini adalah:

- a. Penyebar beban roda.
- b. Lapis peresapan.
- c. Lapis pencegah masuknya tanah dasar ke lapis pondasi.
- d. Lapis pertama pada pembuatan perkerasan.

#### 4. Tanah Dasar (*Subgrade*)

Tanah dasar (*subgrade*) adalah permukaan tanah semula, permukaan tanah galian atau permukaan tanah timbunan yang dipadatkan dan merupakan permukaan tanah dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya.

#### **B. Lapis Tipis Beton Aspal (LTBA)**

Aspal beton adalah salah satu jenis perkerasan lentur yang umum digunakan di Indonesia, merupakan suatu lapisan pada jalan raya yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Pembuatan Lapis Aspal Beton dimaksudkan untuk mendapatkan suatu lapis permukaan atau lapis binder pada perkerasan jalan raya yang mampu memberikan daya dukung serta berfungsi sebagai lapis kedap air yang dapat melindungi konstruksi dibawahnya (Bina Marga, 1987).

Jenis campuran yang dibahan pada penelitian ini adalah campuran Lapis Tipis Beton Aspal (LTBA) yang merupakan salah satu jenis lapis beton aspal yang berfungsi sebagai lapis aus.

#### **B.1. Spesifikasi LTBA**

Berdasarkan Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Tahun 2018 Revisi 2, Departemen Pekerjaan Umum ketentuan sifat campuran Lapis tipis beton aspal (LTBA) suatu campuran yang baru yang ada dispesifikasi umum 2018 sehingga ketentuan sifat campuran LTBA ini dapat dilihat pada Tabel 1, sebagai berikut:

**Tabel 1.** Ketentuan sifat campuran LTBA

Sifat – sifat campuran		LTBA –		LTBA - B	
		A	Halus	Kasar	Mod.
Jumlah tumbukan per bidang			75		
Rasio partikel lolos ayakan 0.075mm dengan kadar aspal efektif	Min.		0,6		0,6
	Maks.		1,2		1,2
Rongga dalam campuran (VIM) (%)	Min.		3,0		
	Maks.		5,0		
Rongga dalam angregat (VMA) (%)	Min.	16		15	
Rongga Terisi aspal (VFA) (%)	Min.		65		
Stabilitas Marshall (Kg)	Min.		800		1000
Pelelehan ( <i>flow</i> ) (mm)	Min.		2		
	Maks.		4,5		
Stabilitas Marshall Sisa (Marshall Quetient) (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min.		85		90
Rongga dalam campuran (VIM) (%) pada kepadatan membal (refusal)	Min.	-	-		2

Gradasi agregat gabungan untuk campuran beraspal LTBA – B Kasar, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat dan bahan pengisi, harus memenuhi batas-batas yang diberikan dalam Tabel 2. Rancangan dan Perbandingan Campuran untuk gradasi agregat gabungan harus mempunyai jarak terhadap batas-batas yang diberikan dalam Tabel.

**Tabel 2.** Gradasi agregat gabungan untuk Lapisan aspal beton.

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat		
ASTM	(mm)	Nom. Maks. 4,75 mm	Nom. Maks. 9,5 mm	
		LTBA - A	LTBA – B Halus	LTBA – B Kasar
½"	12,5	100	100	100
3/8"	9,5	95 – 100	90 – 100	90 – 100
No. 4	4,75	90 – 100	68 – 90	51 – 90
No. 8	2,36	56 – 86	47 - 67	32 – 47
No. 16	1,18	30 - 60	31 – 48	18 – 31
No. 30	,600	18 - 37	19 - 33	10 – 20
No. 50	0,300	11 – 25	11 - 22	6 – 15
No. 200	0,075	6 - 12	2 - 10	2 - 10

### B.2. Rancangan Campuran LTBA B – Kasar

Rancangan campuran aspal panas pada penelitian ini menggunakan metode menetapkan gradasi terlebih dahulu kemudian dicari kadar aspal

optimum. Oleh karena itu yang menjadi dasar adalah gradasi agregat campuran yang disyaratkan dan sifat campuran yang sesuai dengan spesifikasinya.

Hasil dari rancangan campuran aspal panas dibuatkan suatu benda uji dan pengujian dengan menggunakan alat *Marshall* serta menentukan kadar aspal optimum.

### 1. Kadar Aspal Rencana

Dalam menentukan Kadar aspal optimum, spesimen pada 6 kadar aspal berbeda rencana ini ditentukan dengan menggunakan data komposisi agregat kasar, agregat halus dan filler yang digunakan. Selain itu, jenis campuran beraspal panas yang akan dilaksanakan juga sangat berpengaruh.

$$P_b = 0.035(\%CA) + 0.045(\%FA) + K(\%FF) + Konstanta \quad (1)$$

Di mana:

$\%CA$  = *%Course Agregat* (Agregat Kasar), % agregat yang tertahan saringan No. 8 (2.36 mm)

$\%FA$  = *%Fine Agregat* (Agregat Halus), % agregat yang lolos saringan No. 8 (2.36 mm) dan tertahan saringan No. 200 (0.075 mm)

$\%FF$  = *%Fine Filler* (Bahan Pengisi), % Filler lolos saringan No. 200 (0.075 mm)

$K = 0.15$  untuk lolos No.200 11-15%,  $0.18$  untuk lolos No. 200 6-10 % dan  $0.2$  untuk lolos No. 200 kurang dari atau sama dengan 6%

Konstanta = 0-2%, berdasarkan penyerapan aspal

## 2. Benda uji

Benda uji dibuat dengan kadar aspal (Pb) yang diperoleh dari rumus 14, kemudian pembuatan benda uji disarankan membuat 5 variasi kadar aspal untuk mencari Kadar Aspal Optimum (KAO) yaitu Pb-1.0%, Pb-0.5%, Pb, Pb+0.5% dan Pb+1.0%. Pembuatan benda uji ini juga disesuaikan dengan variabel-variabel yang akan diteliti.

## C. Bahan Penyusun Lapis Tipis Beton Aspal (LTBA)

### C.1. Aspal

Aspal dikenal sebagai suatu bahan atau material yang bersifat *viskos* atau padat, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, berwarna hitam atau coklat, mempunyai daya lekat (*adhesi*), dan bersifat termoplastis. Jadi aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan.

Aspal penetrasi 60/70 terbuat dari suatu rantai hidrokarbon dan turunannya, umumnya merupakan residu dari hasil penyulingan minyak mentah pada keadaan hampa udara, yang pada temperature normal bersifat padat sampai ke semi padat, mempunyai sifat tidak menguap dan secara berangsur-angsur melunak bila dipanaskan pada suhu tertentu dan

kembali padat jika didinginkan. Sementara itu aspal minyak AC-60/70 yang yang digunakan hampir seluruh bahan konstruksi perkerasan lentur selama ini memiliki nilai titik leleh 48-58°C. Kenyataan ini menyebabkan kerusakan jalan seperti deformasi, rutting, serta *stripping* lebih sering terjadi dan aspal Penetrasi 60/70 harus memenuhi persyaratan.

### **C.2. Agregat**

Berdasarkan Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Tahun 2018 Revisi 2, Departemen Pekerjaan Umum, Agregat yang dipergunakan dalam pembuatan aspal beton, secara umum mempunyai persyaratan terhadap sifat-sifatnya, antara lain: susunan butir (*gradasi*), ketahanan terhadap gesekan/ausan, kekekalan (*soundness*), kemurnian dan kebersihan (*cleanliness*), gesekan internal dan sifat permukaannya (*surfacetexture*), sedangkan berdasarkan kelompok agregat akan lebih spesifik sesuai jenisnya apakah agregat kasar, halus atau *filler*. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat dengan ukuran butir yang tertahan ayakan No.4 (4,75 mm). Agregat kasar untuk beton aspal harus memenuhi persyaratan, antara lain: bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan yang diberikan dalam Tabel 3.

**Tabel 3.** Ketentuan Agregat Kasar

<b>Pengujian</b>	<b>Metoda Pengujian</b>	<b>Nilai</b>
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan Natrium Sulfat/Magnesium Sulfat	SNI 3407:2008	Maks. 12%
Abrasi Los Angeles	SNI 2417:2008	Maks. 40%
Kelekatan Agregat terhadap Aspal	SNI 2439:2011	Min. 95%
Butir Pecah pada Agregat Kasar	SNI 7619:2012	95/90
Partikel Pipih dan Lonjong	SNI 8287:2016 Perbandingan 1:5	Maks. 10%
Material Lolos Ayakan No. 200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 1%

Agregat halus adalah agregat dengan ukuran butir yang lolos ayakan No.4 (4,75 mm). Agregat halus untuk beton aspal, harus memenuhi persyaratan, sebagai berikut:

1. Agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau penyaringan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos saringan No.4 (4,75 mm).
2. Pasir dapat digunakan dalam campuran AC sampai suatu batas yang tidak melampaui 15% terhadap berat total campuran.
3. Agregat halus harus merupakan bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung, atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Batu pecah halus harus diperoleh dari batu yang memenuhi ketentuan mutu.

Agregat halus harus memenuhi ketentuan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Ketentuan Agregat Halus

<b>Pengujian</b>	<b>Metoda Pengujian</b>	<b>Nilai</b>
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50%
Uji kadar rongga tanpa pemadatan	SNI 03-6877-2002	Min. 45%
Gumpalan lempung dan Butir-butir mudah pecah dalam agregat	SNI 03-4141-1996	Maks. 1%
Agregat lolos ayakan no.200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 10%

### **C.3. Bahan Pengisi (*Filler*)**

Bahan pengisi mineral adalah abu mineral lolos ayakan No.200. Jenis bahan pengisi(*filler*)secara umum terdiri dari : debu batu kapur, debu *dolomit*, semen *portland*, abu layang atau *fly ash*, atau bahan bahan mineral tidak plastis lainnya.

Berdasarkan Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Tahun 2018 Revisi 2, Departemen Pekerjaan Umum, harus memenuhi persyaratan, sebagai berikut:

1. Bahan pengisi yang ditambahkan (*filler added*) dapat berupa debu batu kapur (*limestone dust*), atau debu kapur padam atau debu kapur magnesium atau dolomit yang sesuai dengan AASHTO M303-89 (2014), atau semen atau abu terbang tipe C dan F.

2. Bahan pengisi jenis semen hanya diizinkan untuk campuran beraspal panas dengan bahan pengikat jenis aspal keras Pen.60-70.
3. Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalangumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI ASTM C136: 2012 harus mengandung bahan yang lolos ayakan No.200 (75 mikron) tidak kurang dari 75 % terhadap beratnya.
4. Bahan pengisi yang ditambahkan (*filler added*), untuk semen harus dalam rentang 1% sampai dengan 2% terhadap berat total agregat dan untuk bahan pengisi lainnya harus dalam rentang 1% sampai dengan 3% terhadap berat total agregat kecuali SMA. Khusus untuk SMA tidak boleh menggunakan semen.

#### **D. Metode Pengujian Marshall**

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelelehan plastis (*flow*) dari campuran aspal. Ketahanan (stabilitas) ialah kemampuan suatu campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadi kelelehan plastis yang dinyatakan dalam kilogram atau pon. Kelelehan plastis ialah keadaan perubahan bentuk suatu campuran aspal yang terjadi akibat suatu beban batas runtuh yang dinyatakan dalam mm atau 0,01".

Dan melalui *Marshall test* akan diperoleh kadar aspal optimum, dimana pada kadar aspal tersebut persyaratan-persyaratan berikut harus dipenuhi:

**Tabel 5.** Parameter pengujian *Marshall Test*

<b>Jenis pemeriksaan/kepadatan LL</b>	<b>Berat</b>	<b>Sedang</b>	<b>Ringan</b>
Stabilitas (kg)	>800	650	460
Kelelehan (mm)	>2	2 - 4	2 - 5
% Rongga dalam campuran	3 - 5	3 - 5	3 - 5
% Rongga terisi	> 65	75 - 85	75 - 85
Jumlah tumbukan	2 x 75	2 x 50	2 x 35

*Marshall test* yang dilakukan merupakan test untuk kepadatan lalu lintas berat sehingga dilakukan 2 x 75 tumbukan.

### **E. Dasar Perhitungan Hasil Pengujian Marshall**

Analisis perhitungan yang digunakan terdapat dalam metode *Marshall* pada *The Asphalt Institute*, MS-2, (1993) dan Spesifikasi Umum Bidang Jalandan Jembatan - Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan (2010). Persamaan-persamaan untuk menganalisis campuran beraspal panas, adalah:

#### **E.1. Berat jenis kering (*bulk specific gravity*) dari total agregat**

Agregat terdiri dari fraksi-fraksi: agregat kasar, agregat halus dan *filler*, dimana masing-masing mempunyai berat jenis yang berbedasatu sama lainnya, sehingga berat jenis kering (*bulk specific gravity*) dari total agregat dapat dihitung berdasarkan Persamaan 1. dengan:

$$Gsb = \frac{P1}{\left(\frac{P1}{Gsb1}\right)} + \frac{P2}{\left(\frac{P2}{Gsb2}\right)} + \dots + \frac{Pn}{\left(\frac{Pn}{Gsbn}\right)} \dots \dots \dots (2)$$

Gsb = Berat jenis bulk total agregat

P1, P2, ...Pn = Persentase masing-masing fraksi agregat

G1, G2, ...Gn = Berat jenis *bulk* masing-masing fraksi agregat

Berat jenis bahan pengisi sulit dihitung dengan teliti, namun demikian jika berat jenis nyata (*apparent*) bahan pengisi dimasukkan, maka kesalahan biasanya dapat diabaikan.

## E.2. Berat Jenis Efektif agregat

Berat jenis maksimum campuran (Gmm) diukur dengan *AASHTO T-209-90*, maka berat jenis efektif campuran (Gse) termasuk rongga dalam partikel agregat yang menyerap aspal dapat ditentukan dengan rumus Persamaan 3.

$$Gse = \frac{Pmm}{\left(\frac{Pmm}{Gmm}\right)} - \frac{Pb}{\left(\frac{Pb}{Gb}\right)} \dots \dots \dots (3)$$

dengan:

Gse = Berat jenis efektif agregat

Gmm = Berat jenis maksimum campuran, rongga udara nol

Pmm = Persentase berat total campuran (= 100%)

Pb = Kadar aspal berdasarkan berat jenis maksimum yang diuji, dalam persen terhadap berat total campuran

Gb = Berat jenis aspal

Volume aspal yang terserap oleh agregat umumnya lebih besar dari volume air yang terserap. Besarnya berat jenis efektif agregat harus diantara berat jenis curah dan berat jenis semu agregat. Besarnya berat jenis semu total agregat dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 4.

$$G_{sa} = \frac{P_1}{\left(\frac{P_1}{G_1}\right)} + \frac{P_2}{\left(\frac{P_2}{G_2}\right)} + \dots + \frac{P_n}{\left(\frac{P_n}{G_n}\right)} \dots \dots \dots (4)$$

dengan:

$G_{sa}$  = Berat jenis semu total agregat

$P_1, P_2, \dots, P_n$  = Persentase dalam berat agregat 1, 2, n

$G_1, G_2, \dots, G_n$  = Berat jenis curah agregat 1, 2, n.

### E.3. Berat Jenis Maksimum Campuran

Dalam merencanakan campuran beraspal dimana berat jenis agregat diketahui, maka berat jenis maksimum campuran ( $G_{mm}$ ) (Persamaan 5) pada masing-masing kadar aspal diperlukan untuk menghitung kadar rongga masing-masing kadar aspal. Ketelitian hasil uji terbaik adalah bila kadar aspal campuran mendekati kadar aspal optimum. Demikian pula akan lebih baik dilakukan pengujian berat jenis maksimum dengan benda uji sebanyak dua buah atau tiga buah. Berat jenis maksimum campuran ( $G_{mm}$ ) untuk masing-masing kadar aspal dapat dihitung dengan menggunakan berat jenis efektif ( $G_{se}$ ) rata-rata sebagai berikut:

$$G_{sb} = \frac{P_{mm}}{\left(\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}\right)} \dots \dots \dots (5)$$

dengan:

Gmm = Berat jenis maksimum campuran, rongga udara nol

Pmm = Persentase berat total campuran (= 100%)

Ps = Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran

Pb = Kadar aspal, persen terhadap berat total campuran

Gse = Berat jenis efektif agregat

Gb = Berat jenis aspal

#### **E.4. Penyerapan Aspal**

Penyerapan aspal dinyatakan dalam persen terhadap berat agregat total, tidak terhadap berat campuran. Penyerapan aspal (Pba) dapat dihitung dengan Persamaan 6.

$$Pba = 100 \times \frac{Gse - Gsb}{Gse \times Gsb} \dots \dots \dots (6)$$

dengan:

Pba = Penyerapan aspal, persen total agregat

Gsb = Berat jenis *bulk* agregat

Gse = Berat jenis efektif agregat

Gb = Berat jenis aspal

#### **E.5. Kadar Aspal Efektif Campuran**

Kadar aspal efektif (Pbe) campuran beraspal adalah kadar aspal total dikurangi jumlah aspal yang terserap oleh partikel agregat. Kadar aspal efektif ini akan menyelimuti permukaan agregat bagian luar yang pada akhirnya akan menentukan kinerja perkerasan beraspal, dengan rumus Persamaan 7.

$$P_{be} = P_b - \frac{P_{ba}}{100} \times p_s \dots \dots \dots (7)$$

dengan:

$P_{be}$  = Kadar aspal efektif, persen berat total campuran

$P_b$  = Kadar aspal, persen total campuran

$P_{ba}$  = Penyerapan aspal, persen total agregat

$P_s$  = Kadar agregat, persen total campuran

### E.6. Rongga di antara Mineral Agregat (VMA)

Rongga diantara mineral agregat (VMA) adalah ruang di antara partikel agregat pada suatu perkerasan beraspal, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). VMA dihitung berdasarkan berat jenis *bulk* ( $G_{sb}$ ) agregat dan dinyatakan sebagai persen volume *bulk* campuran yang dipadatkan. Perhitungan VMA terhadap berat campuran total, seperti Persamaan 8.

$$VMA = 100 - \left( \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \right) \dots \dots \dots (8)$$

dengan:

VMA = Rongga di antara mineral Agregat, persen volume *bulk*

$G_{sb}$  = Berat jenis *bulk* agregat

$G_{mb}$  = Berat jenis *bulk* campuran padat

$P_s$  = Kadar agregat, persen total campuran

Perhitungan VMA terhadap berat total agregat sebagai berikut:  
(Persamaan 9).

$$VMA = 100 - \left( \frac{G_{mb}}{G_{sb}} \right) \times \left( \frac{100}{100 + P_b} \right) \times 100 \dots \dots \dots (9)$$

$P_b$  = Kadar aspal, persen total campuran

$G_{sb}$  = Berat jenis *bulk* agregat

$G_{mb}$  = Berat jenis *bulk* campuran padat

### E.7. Rongga udara di dalam Campuran Padat (*VIM*)

Rongga udara dalam campuran ( $V_a$ ) atau *VIM* dalam campuran perkerasan beraspal terdiri atas ruang udara di antara partikel agregat yang terselimuti aspal. Volume rongga udara dalam persen dapat ditentukan dengan Persamaan 10.

$$VIM = V_a = 100 \times \left( \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \right) \dots \dots \dots (10)$$

dengan:

*VIM* atau  $V_a$  = Rongga udara campuran padat, persen total campuran

$G_{mb}$  = Berat jenis *bulk* campuran padat

$G_{mm}$  = Berat jenis maksimum campuran, rongga udara nol

### E.8. Rongga Udara Terisi Aspal (*VFA*)

Rongga udara terisi aspal (*VFA*) adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat (*VMA*) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Rumus *VFA* ditunjukkan pada Persamaan 11.

$$VFA = 100 \times \left( \frac{VMA - V_a}{VMA} \right) \dots \dots \dots (11)$$

dengan:

*VFA* = Rongga udara terisi aspal, persen dari *VMA*

*VMA* = Rongga di antara Mineral Agregat, persen volume bulk

VIM atau  $V_a$  = Rongga udara di dalam campuran padat, persen total campuran

### E.9. Stabilitas dan Flow

Nilai stabilitas diperoleh berdasarkan nilai yang ditunjukkan oleh jarum dial pada *proving ring* stabilitas yang dipasang pada alat *Marshall Test*, kemudian dikonversikan dengan Tabel Kalibrasi sesuai *proving ring* yang digunakan. Selanjutnya nilai Stabilitas tersebut harus dikoreksi dengan suatu faktor koreksi ketebalan benda uji. Sedang nilai pelelehan (*Flow*) ditunjukkan pada jarum yang ditunjukkan oleh angka pada dial *flow*, dalam satuan unit dimana 1unit = 0,01 mm (milimeter), sehingga tidak diperlukan lagi konversi angka pada pengukuran *flow*.

### E.10. Marshall Quotient

Untuk mengetahui kekakuan campuran beton aspal perlu dianalisis dengan mencari nilai *Marshall Quotient (MQ)*. *Marshall Quotient (MQ)*, merupakan hasil bagi dari stabilitas dibagi pelelehan (*flow*), yang dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (12).

$$MQ = \frac{MS}{MF} \dots \dots \dots (12)$$

dengan:

$MS$  = Stabilitas *Marshall*, dalam kg

$MF$  = Kelelehan *Marshall*, dalam mm

## **F. Variasi Air Perendaman**

### **F.1. Air Tawar**

Air tawar ialah air yang tidak berasa lawan dari air asin. Merupakan air yang tidak mengandung banyak larutan garam dan larutan mineral di dalamnya. Saat menyebutkan *air tawar*, orang biasanya merujuk ke air dari sumur, danau, sungai, salju, atau es. Air tawar juga berarti air yang dapat dan aman untuk dijadikan minuman bagi manusia.

Air tawar pada umumnya tidak berwarna, sehingga tampak bersih, bening dan jernih. Tetapi pada beberapa jenis air tawar juga bisa memperlihatkan warna yang berbeda-beda. Hal ini disebabkan karena sedimen (bebatuan) dan organisme yang hidup di dalamnya. Air permukaan dan air sumur pada umumnya mengandung bahan-bahan metal terlarut seperti Na, Mg, Ca, dan Fe. Air yang mengandung komponen-komponen tersebut dalam jumlah tinggi disebut air sadah. Walaupun bahan-bahan tersuspensi dan bakteri mungkin telah dihilangkan dari air tersebut, namun demikian air minum dimungkinkan masih mengandung komponen-komponen terlarut. Berdasarkan sifat kimiawi, air tawar memiliki pH air antara 6,5 – 9,2.

### **F.2. Air Hujan**

Hujan merupakan komponen yang penting dalam siklus hidrologi. Hujan merupakan peristiwa sampainya air dalam bentuk cair yang dicurahkan dari atmosfer menuju ke permukaan bumi. Hal ini dikarenakan

titik-titik air yang terkandung di dalam awan bertambah semakin banyak sampai pada keadaan dimana awan sudah tidak mampu lagi untuk menampung titik-titik air tersebut, maka akan dijatuhkan kembali ke permukaan Bumi dalam bentuk air hujan. Air hujan biasanya bersifat asam, hal ini disebabkan air hujan melarutkan gas-gas yang terdapat di atmosfer, misalnya gas karbondioksida ( $\text{CO}_2(\text{g})$ ), sulfur ( $\text{S}(\text{g})$ ), dan nitrogen oksida ( $\text{NO}_2(\text{g})$ ) yang dapat membentuk asam lemah. Setelah jatuh ke permukaan bumi, air hujan mengalami kontak dengan tanah dan melarutkan bahan-bahan yang terkandung di dalam tanah. Air hujan yang jatuh ke badan jalan akan masuk ke lapisan tanah dasar melalui bahu jalan. Hal ini dapat mengakibatkan ikatan antar butir-butir agregat dan aspal lepas, sehingga dapat terjadi pelapukan (sumber Nurhudayah 2009). Berdasarkan sifat kimiawi, air tawar memiliki pH air antara 5.6 - 6.

Salah satu penyebab yang dominan berpengaruh terhadap kerusakan jalan adalah karena adanya air yang menggenangi jalan pada saat hujan. Genangan air hujan dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan jalan dikarenakan air dapat melonggarkan ikatan antara agregat dengan aspal. Saat ikatan aspal dan agregat longgar karena air, kendaraan yang lewat akan memberi beban yang menimbulkan retak atau kerusakan jalan lainnya. Selain itu, genangan air pada permukaan jalan dalam skala yang tinggi dapat mengakibatkan air tanah yang terletak di bawah permukaan tanah menjadi jenuh. Menurut Nurhudayah (2009), genangan air menyebabkan dasar perkerasan jalan jenuh atau sebagian. Air yang

meresap masuk ke dalam perkerasan jalan dapat mengakibatkan retakan pada struktur perkerasan jalan.

### **G. Durabilitas**

Salah satu karakteristik dari campuran beton aspal adalah durabilitas (*durability*). Sifat ini berhubungan dengan ketahanan suatu campuran dari penghancuran (*disintegrasi*) akibat pengaruh cuaca, air atau beban lalu lintas. Sifat durabilitas (keawetan atau daya tahan) pada lapis permukaan diperlukan untuk dapat menahan keausan yang terjadi akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu ataupun keausan yang diakibatkan oleh gesekan roda kendaraan.

Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi menurunnya sifat durabilitas suatu campuran (lapisan aspal) adalah air. Jika suatu lapisan aspal selalu terendam oleh air, maka sifat durabilitas campuran tersebut akan berkurang. Faktor lain yang juga dapat mempengaruhi sifat durabilitas campuran (aspal) adalah pemadatan. Untuk melihat potensi durabilitas yang diakibatkan oleh kedua faktor tersebut dapat diukur melalui suatu indeks durabilitas.

Kriteria-kriteria berikut dinilai dapat memenuhi indeks keawetan yaitu:

1. Harus rasional dan didefinisikan secara fisik.
2. Harus menggambarkan kekuatan menahan dan nilainya absolut.

3. Harus menunjukkan potensi keawetan untuk suatu rentang yang fleksibel dari masa perendaman.
4. Harus dengan tepat memberikan gambaran dari perbedaan perubahan waktu rendaman dari kurva keawetan.

Craus dkk (1981) menyatakan bahwa durabilitas adalah kemampuan campuran bitumen untuk terus menerus melawan pengaruh air dan suhu. Tingkat durabilitas suatu campuran digunakan parameter Indeks Kekuatan Sisa (IKS), Indeks Durabilitas Pertama (IDP) dan Indeks Durabilitas Kedua (IDK).

#### **G.1. Indeks Kekuatan Sisa (IKS)**

Indeks kekuatan diperoleh melalui pengujian terhadap sifat mekanik benda uji (stabilitas dan *flow*) yang dibagi dalam dua kelompok. Kelompok pertama diuji stabilitas Marshall-nya setelah perendaman dalam air pada suhu 60°C selama waktu T1 dan kelompok kedua diuji setelah perendaman pada suhu 60°C selama waktu T2.

Dari nilai stabilitas Marshall yang diperoleh pada kedua perendaman tersebut, ditentukan Indeks Kekuatan Sisa (IKS) Marshall dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Hunter, 1994):

Dimana:

$$IKS = \frac{S_2}{S_1} \times 100\% \dots \dots \dots (13)$$

S1 = nilai rata-rata stabilitas *Marshall* setelah perendaman selama T1 menit (Kg)

S2 = nilai rata-rata stabilitas *Marshall* setelah perendaman selama T2 menit (Kg)

IKS= Indeks Kekuatan Sisa (%)

Nilai IKS yang disyaratkan oleh Bina Marga adalah minimum 75%.

Nilai tersebut menandakan bahwa campuran aspal masih dianggap cukup tahan terhadap kerusakan yang ditimbulkan oleh pengaruh air.

### G.2. Indeks Durabilitas Pertama (IDP)

Indeks Durabilitas Pertama dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$r = \sum_{i=0}^{n-1} \frac{S_i - S_{i+1}}{t_{i+1} - t_i} \dots \dots \dots (14)$$

Dimana:

r = Indeks Penurunan Stabilitas (%)

S<sub>i+1</sub> = Persentase kekuatan sisa pada waktu t<sub>i+1</sub>

S<sub>i</sub> = Persentase kekuatan sisa pada waktu t<sub>i</sub>

t<sub>i</sub>, t<sub>i+1</sub> = Periode perendaman (dimulai dari awal pengujian)

Nilai 'r' yang positif mengindikasikan kehilangan kekuatan, sedangkan nilai 'r' negatif mengindikasikan adanya perolehan kekuatan.

### G.3. Indeks Durabilitas Kedua (IDK)

Indeks Durabilitas Kedua dapat dihitung dengan menggunakan rumusan sebagai berikut:

$$a = \frac{1}{t_n} \sum_{i=1}^n a_i = \frac{1}{2t_n} \sum_{i=0}^{n-1} (S_i - S_{i+1}) [2t_n - (t_i + t_{i+1})] \dots \dots \dots (15)$$

Dimana:

$S_{i+1}$  = prosentase kekuatan sisa pada waktu  $t_{i+1}$

$S_i$  = prosentase kekuatan sisa pada waktu  $t_i$

$t_i, t_{i+1}$  = periode perendaman (dimulai dari awal pengujian)

$t_n$  = total waktu perendaman

Indeks durabilitas ini menggambarkan kehilangan kekuatan satu hari. Nilai 'a' positif menggambarkan kehilangan kekuatan, sedangkan nilai 'a' negatif merupakan penambahan kekuatan. Berdasarkan definisi tersebut, maka nilai  $a < 100$ . Oleh karena itu, memungkinkan untuk menyatakan prosentase ekuivalen kekuatan sisa satu hari  $\overline{S}_a$  sebagai berikut:

$$\overline{S}_a = (100 - a) \dots \dots \dots (16)$$

Nilai Indeks Durabilitas Kedua juga dapat dinyatakan dalam bentuk nilai absolut dari ekuivalen kehilangan kekuatan sebagai berikut:

$$A = \frac{a}{100} \times S_0 \dots \dots \dots (17)$$